

Strukturviskose, wässrige Dispersionen, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung

Die vorliegende Erfindung betrifft neue, strukturviskose, wässrige Dispersionen.

5 Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein neues Verfahren zu Herstellung von strukturviskosen, wässrigen Dispersionen. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung der neuen, strukturviskosen, wässrigen Dispersionen und der mit Hilfe des neuen Verfahrens hergestellten strukturviskosen, wässrigen Dispersionen als Beschichtungsstoffe, Klebstoffe und Dichtungsmassen für das Lackieren, Verkleben  
10 und Abdichten von Karosserien von Fortbewegungsmitteln und Teilen hiervon, Bauwerken und Teilen hiervon, Türen, Fenstern, Möbeln, industriellen Kleinteilen, mechanischen, optischen und elektronischen Bauteilen, Coils, Container, Emballagen, Glashohlkörpern und Gegenständen des täglichen Bedarfs.

15 Strukturviskose, wässrige Dispersionen, die feste und/oder hochviskose, unter Lagerungs- und Anwendungsbedingungen dimensionsstabile Partikel in einer kontinuierlichen wässrigen Phase enthalten, sind beispielsweise aus den deutschen Patentanmeldungen DE 100 27 292 A 1 oder DE 101 35 997 A 1 bekannt (vgl. hierzu insbesondere DE 100 27 292 A 1, Seite 2, Abs. [0013] bis Seite 3, Abs. [0019], oder  
20 DE 101 35 997, Seite 4, Absätze [0034] bis [0041]). Die strukturviskosen, wässrigen Dispersionen werden auch als Pulverslurries bezeichnet. Sie können hervorragend als Beschichtungsstoffe, Klebstoffe und Dichtungsmassen, insbesondere als Beschichtungsstoffe, speziell als Pulverslurry-Klarlacke, verwendet werden. Sie können wie Flüssiglacke durch Spritzapplikation appliziert werden. Das Trocknungs-  
25 und Härtungsverhalten der resultierenden Schichten gleicht dagegen Pulverlackschichten, d. h., dass die Verfilmung und die Härtung in zwei diskreten Stufen erfolgen. Nicht zuletzt werden wie bei den Pulverlacken bei der Applikation, der Verfilmung und der Härtung keine flüchtigen organischen Lösemittel freigesetzt. Kurz gesagt, vereinen die Pulverslurries wesentliche Vorteile von Flüssiglacken und  
30 Pulverlacken, was sie besonders vorteilhaft macht.

Pulverslurries, die Nanopartikel enthalten, sind aus den deutschen Patentanmeldungen DE 100 27 267 A 1, DE 100 27 290 A 1, DE 100 27 292 A 1, DE 101 15 605 A 1 oder DE 101 26 649 A 1 bekannt. Die bekannten Pulverslurries liefern deckende und transparente Beschichtungen, die ein sehr gutes anwendungstechnisches Eigenschaftsprofil aufweisen und breit eingesetzt werden können. Um den stetig wachsenden Anforderungen des Marktes, insbesondere der Automobilindustrie, zu

genügen, müssen aber die Oberflächenhärte, die Kratzfestigkeit und die Polierbarkeit der deckenden und transparenten Beschichtungen weiter verbessert werden. Vor allem aber müssen diese Eigenschaften bei klaren und transparenten Beschichtungen, insbesondere bei Klarlackierungen, weiter verbessert werden, ohne dass der Verlauf, 5 der Glanz, die Klarheit, die Transparenz und Chemikalienbeständigkeit verschlechtert werden.

Der vorliegenden Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, neue, strukturviskose, wässrige Dispersionen, insbesondere Pulverslurries, zu finden, die die Nachteile des Standes 10 der Technik nicht mehr länger aufweisen, sondern die sich in einfacher Weise gut reproduzierbar herstellen lassen und transport- und lagerstabil sind.

Die neuen, strukturviskosen, wässrigen Dispersionen, insbesondere die Pulverslurries, sollen breit einsetzbar sein. Vor allem sollen sie sich als Beschichtungsstoffe, 15 Klebstoffe und Dichtungsmassen zu Herstellung von Beschichtungen, Klebschichten und Dichtungen eignen. Insbesondere sollen sie als Beschichtungsstoffe zur Herstellung von deckenden und transparenten Beschichtungen, speziell klaren, transparenten Beschichtungen, dienen.

20 Die neuen Beschichtungen, Lackierungen, Klebschichten und Dichtungen, sollen nicht nur kratzfest, hart und polierbar, sondern auch chemikalien- und säurebeständig sein. Außerdem sollen die neuen Beschichtungen, Lackierungen, Klebschichten und Dichtungen im Bedarfsfall völlig transparent und klar sein und keine Trübungen oder 25 Stippen aufweisen. Ihre Oberfläche soll außerdem glatt und frei von Oberflächenstörungen sein.

Demgemäß wurden die neuen, strukturviskosen, wässrigen Dispersionen gefunden, enthaltend feste und/oder hochviskose, unter Lagerungs- und Anwendungsbedingungen dimensionsstabile Partikel (P), die in einer kontinuierlichen 30 wässrigen Phase (W) dispergiert sind, wobei die dimensionsstabilen Partikel (P) oberflächenmodifizierte Nanopartikel (N) enthalten, deren Oberfläche nahezu vollständig oder vollständig mit

(G1) modifizierenden Gruppen, die

35 - über verknüpfende funktionelle Gruppen (a) kovalent an die Oberfläche gebunden sind und

- abstandshaltende, inerte Gruppen (b) und
- über die Gruppen (b) mit den Gruppen (a) verbundene, reaktive funktionelle Gruppen (c), die gegenüber den reaktiven funktionellen Gruppen der zu modifizierenden Oberfläche inert sind, enthalten, und

5

(G2) modifizierenden Gruppen, die

- über verküpfende funktionelle Gruppen (a), die mindestens ein Siliziumatom enthalten, an die Oberfläche gebunden sind,
- inerte Gruppen (e) enthalten und
- ein kleineres hydrodynamisches Volumen  $V_H$  als die modifizierende Gruppen (G1) aufweisen:

bedeckt ist.

15

Im Folgenden werden die neuen, strukturviskosen, wässrigen Dispersionen als »erfindungsgemäße Dispersionen« bezeichnet.

Außerdem wurde das neue Verfahren zu Herstellung der erfindungsgemäßen Dispersionen gefunden, bei dem man mindestens eine Dispersion (D) von oberflächenmodifizierten Nanopartikeln (N), deren Oberfläche nahezu vollständig oder vollständig mit modifizierenden Gruppen (G1) und modifizierenden Gruppen (G2) bedeckt ist, in einem aprotischen, flüssigen, organischen Medium (O) mit den übrigen Bestandteilen der dimensionsstabilen Partikel (P) vermischt und die resultierende Mischung (P) in einer wässrigen Phase (W) dispergiert, so dass die dimensionsstabilen Partikel (P) resultieren

Im Folgenden wird das neue Verfahren zu Herstellung der erfindungsgemäßen Dispersionen als »erfindungsgemäßes Herstellverfahren« bezeichnet.

30

Weitere Erfindungsgegenstände ergeben sich aus der Beschreibung.

Im Hinblick auf den Stand der Technik war es überraschend und für den Fachmann nicht vorhersehbar, dass die Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zugrundelag, mit Hilfe der erfindungsgemäßen Dispersionen und des erfindungsgemäßen Herstellverfahrens gelöst werden konnte.

Die erfindungsgemäßen Dispersionen, insbesondere die erfindungsgemäßen Pulverslurries, ließen sich insbesondere mit Hilfe des erfindungsgemäßen Herstellverfahrens in einfacher Weise sehr gut reproduzierbar herstellen und waren transport- und lagerstabil.

5

Die erfindungsgemäßen Dispersionen, insbesondere die erfindungsgemäßen Pulverslurries, waren besonders breit einsetzbar. Vor allem eigneten sie sich hervorragend als Beschichtungsstoffe, Klebstoffe und Dichtungsmassen zu Herstellung von Beschichtungen, Klebschichten und Dichtungen. Insbesondere waren sie 10 hervorragend als Beschichtungsstoffe zur Herstellung von deckenden und transparenten Beschichtungen, speziell klaren, transparenten Beschichtungen, geeignet.

15 Die mit Hilfe der erfindungsgemäßen Dispersionen, insbesondere der erfindungsgemäßen Pulverslurries, hergestellten erfindungsgemäßen deckenden und transparenten Beschichtungen, Klebschichten und Dichtungen, waren nicht nur hoch kratzfest, sehr hart und hervorragend polierbar, sondern auch ausgesprochen chemikalien- und säurebeständig. Außerdem waren die erfindungsgemäßen Beschichtungen, Klebschichten und Dichtungen im Bedarfsfall völlig transparent und 20 klar und wiesen keine Trübungen oder Stippen auf. Ihre Oberfläche war außerdem sehr glatt und völlig frei von Oberflächenstörungen.

25 Die erfindungsgemäßen Dispersionen enthalten feste und/oder hochviskose, unter Lagerungs- und Anwendungsbedingungen dimensionsstabile Partikel (P). Vorzugsweise handelt es sich dabei um die dimensionsstabilen Partikel (P), wie sie in der deutschen Patentanmeldung DE 100 27 292 A 1, Seite 2, Absätze [0013] bis [0015], definiert sind.

30 Vorzugsweise sind sie in den erfindungsgemäßen Dispersionen in einer Menge von 5 bis 70 Gew.-%, bevorzugt 10 bis 65 Gew.-%, besonders bevorzugt 10 bis 60 Gew.-%, und insbesondere 10 bis 55 Gew.-%, jeweils bezogen auf die erfindungsgemäße Dispersion, enthalten. Vorzugsweise weisen sie die in der deutschen Patentanmeldung DE 100 27 292 A 1, Seite 3, Absätze [0017] und [0018], beschriebenen Teilchengrößen sowie die auf Seite 3, Absatz [0019], angegebenen Lösemittelgehalte 35 auf.

Die dimensionsstabilen Partikel (P) enthalten die erfindungswesentlichen oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N).

Für die oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) ist es wesentlich, dass ihre 5 Oberfläche nahezu vollständig oder vollständig mit modifizierenden Gruppen bedeckt ist. »Nahezu vollständig oder vollständig bedeckt« bedeutet, dass die Oberfläche der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) so weit bedeckt ist, wie es die sterischen Bedürfnisse der einzelnen modifizierenden Gruppen zulassen, und dass die reaktiven funktionellen Gruppen, die sich gegebenenfalls noch auf der Oberfläche der 10 erfindungsgemäßen Nanopartikel befinden, sterisch abgeschirmt und so Reaktionen mit beispielsweise Polyisocyanaten entzogen werden.

Die Oberfläche der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) sind mit mindestens zwei verschiedenen Klassen von modifizierenden Gruppen (G1) und (G2) bedeckt. 15 Zusätzlich können sie noch mit modifizierenden Gruppen (G3) bedeckt sein.

Bei der ersten Klasse handelt es sich um modifizierende Gruppen (G1), die über mindestens eine, vorzugsweise mindestens zwei und insbesondere drei, verküpfende funktionelle Gruppe(n) (G1a) kovalent an die Oberfläche gebunden sind. Vorzugsweise 20 sind die Gruppen (G1a) unter den Bedingungen der Anwendung der erfindungsgemäßen Nanopartikeln inert. Bevorzugt enthalten die verküpfenden funktionellen Gruppen (G1a) mindestens ein, insbesondere ein, Siliziumatom. Besonders bevorzugt handelt es sich bei den verküpfenden funktionellen Gruppen (G1a) um Silangruppen.

25 Die Gruppen (G1) enthalten mindestens eine, insbesondere eine, abstandshaltende, inerte Gruppe (G1b).

»Inert« bedeutet bezüglich der Gruppe (G1b) hier und im Folgenden, dass sie unter 30 den Bedingungen der Herstellung und der Anwendung der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) keine Reaktionen eingeht (vgl. auch, Roempf Online, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2002, »Inert«)

Vorzugsweise handelt es sich bei der abstandshaltenden, inerten Gruppe (G1b) um 35 einen mindestens zweibindigen, insbesondere zweibindigen, organischen Rest R, der bevorzugt aus der Gruppe, bestehend aus aliphatischen, cycloaliphatischen, aromatischen, aliphatisch-cycloaliphatischen, aliphatisch-aromatischen,

cycloaliphatisch-aromatischen und aliphatisch-cycloaliphatisch-aromatischen Resten, ausgewählt wird. Dabei können die Reste R mehr als eine der genannten Struktureinheiten enthalten.

- 5 Die Reste R können des Weiteren mindestens eine mindestens zweibindige, insbesondere zweibindige, funktionelle Gruppe und/oder mindestens einen Substituenten enthalten. Wesentlich ist, dass die zweibindigen funktionellen Gruppen und die Substituenten im vorstehend genannten Sinne inert sind. Geeignete zweibindige funktionelle Gruppen werden bevorzugt aus der Gruppe, bestehend aus
- 10 Ether-, Thioether-, Carbonsäureester-, Thiocarbonsäureester-, Carbonat-, Thiocarbonat-, Phosphorsäureester-, Thiophosphorsäureester-, Phosphonsäureester-, Thiophosphonsäureester-, Phosphit-, Thiophosphit-, Sulfonsäureester-, Amid-, Amin-, Thioamid-, Phosphorsäureamid-, Thiophosphorsäureamid-, Phosphonsäureamid-, Thiophosphonsäureamid-, Sulfonsäureamid-, Imid-, Hydrazid-, Urethan-, Harnstoff-,
- 15 Thioharnstoff-, Carbonyl-, Thiocarbonyl-, Sulfon- oder Sulfoxidgruppen, ausgewählt. Besonders bevorzugt sind Ethergruppen. Beispiele geeigneter Substituenten sind Halogenatome, insbesondere Fluoratome und Chloratome, Nitrilgruppen, Nitrogruppen oder Alkoxygruppen. Vorzugsweise sind die Reste R unsubstituiert.

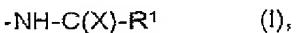
- 20 Die modifizierende Gruppe (G1) enthält darüber hinaus mindestens eine, insbesondere eine, über die Gruppe (G1b) mit der Gruppe (G1a) verbundene, reaktive funktionelle Gruppe (G1c), die unter den Bedingungen der Herstellung der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) gegenüber den reaktiven funktionellen Gruppen der zu modifizierenden Oberfläche inert (vgl. auch, Roempp Online, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2002, »Inert«) ist. Indes ist die reaktive funktionelle Gruppe (G1c) unter den Bedingungen der Anwendung der erfindungsgemäßen Nanopartikel nicht inert, sondern reaktiv. Insbesondere kann sie thermisch und/oder mit aktinischer Strahlung aktiviert werden, sodass sie thermisch und/oder mit aktinischer Strahlung initiierte Reaktionen, wie Kondensationsreaktionen oder Additionsreaktionen, die nach radikalischen, kationischen oder anionischen Mechanismen ablaufen können, eingehen kann.

Hier und im Folgenden wird unter aktinischer Strahlung elektromagnetische Strahlung, wie nahees Infrarot (NIR), sichtbares Licht, UV-Strahlung, Röntgenstrahlung oder

35 Gammastrahlung, insbesondere UV-Strahlung, und Korpuskularstrahlung, wie Alphastrahlung, Betastrahlung, Neutronenstrahlung, Protonenstrahlung und Elektronenstrahlung, insbesondere Elektronenstrahlung, verstanden.

Beispiele geeigneter thermisch aktivierbarer, reaktiver funktioneller Gruppe (G1c) sind Epoxidgruppen und blockierte Isocyanatgruppen, insbesondere blockierte Isocyanatgruppen der allgemeinen Formel I:

5



worin die Variable X für ein Sauerstoffatom oder ein Schwefelatom, insbesondere ein Sauerstoffatom, steht und die Variable R<sup>1</sup> für den Rest eines Blockierungsmittels wie es üblicherweise für die Blockierung von Isocyanatgruppen verwendet wird. Beispiele geeigneter Blockierungsmittel sind

- 15 i) Phenole wie Phenol, Cresol, Xylenol, Nithrophenol, Chlorophenol, Ethylphenol, t-Butylphenol, Hydroxybenzoësäure, Ester dieser Säure oder 2,5-di-tert.-Butyl-4-hydroxytoluol;
- 20 ii) Lactame, wie  $\epsilon$ -Caprolactam,  $\delta$ -Valerolactam,  $\gamma$ -Butyrolactam oder  $\beta$ -Propiolactam;
- 25 iii) aktive methylenische Verbindungen, wie Diethylmalonat, Dimethylmalonat, Acetessigsäureethyl- oder methylester oder Acetylaceton;
- 30 iv) Alkohole wie Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol, n-Butanol, Isobutanol, t-Butanol, n-Amylalkohol, t-Amylalkohol, Laurylalkohol, Ethylenglykolmonomethylether, Ethylenglykolmonoethyllether, Ethylenglykolmonopropylether, Ethylenglykolmonobutylether, Diethylenglykolmonomethylether, Diethylenglykolmonoethyllether, Propylenglykolmonomethylether, Methoxymethanol, Glykolsäure, Glykolsäureester, Milchsäure, Milchsäureester, Methyolharnstoff, Methylolmelamin, Diacetonalkohol, Ethylenchlorohydrin, Ethylenbromhydrin, 1,3-Dichloro-2-propanol, 1,4-Cyclohexyldimethanol oder Acetocyanhydrin;
- 35 v) Mercaptane wie Butylmercaptan, Hexylmercaptan, t-Butylmercaptan, t-Dodecylmercaptan, 2-Mercaptobenzothiazol, Thiophenol, Methylthiophenol oder Ethylthiophenol;

- vi) Säureamide wie Acetoanilid, Acetoanisidinamid, Acrylamid, Methacrylamid, Essigsäureamid, Stearinsäureamid oder Benzamid;
- 7 vii) Imide wie Succinimid, Phthalimid oder Maleimid;
- 8 viii) Amine wie Diphenylamin, Phenylinnaphthylamin, Xyldin, N-Phenylxyldin, Carbazol, Anilin, Naphthylamin, Butylamin, Dibutylamin oder Butylphenylamin;
- 9 ix) Imidazole wie Imidazol oder 2-Ethylimidazol;
- 10 x) Harnstoffe wie Harnstoff, Thioharnstoff, Ethylenharnstoff, Ethylenthioharnstoff oder 1,3-Diphenylharnstoff;
- 11 xi) Carbamate wie N-Phenylcarbamidsäurephenylester oder 2-Oxazolidon;
- 12 xii) Imine wie Ethylenimin;
- 13 xiii) Oxime wie Acetoxim, Formaldoxim, Acetaldoxim, Acetoxim, Methylethylketoxim, Diisobutylketoxim, Diacetylmonoxim, Benzophenonoxim oder Chlorohexanonoxime;
- 14 xiv) Salze der schwefeligen Säure wie Natriumbisulfit oder Kaliumbisulfit;
- 15 xv) Hydroxamsäureester wie Benzylmethacrylohydroxamat (BMH) oder Allylmethacrylohydroxamat; oder
- 16 xvi) Substituierte Pyrazole, insbesondere Dimethylpyrazole, Imidazole oder Triazole; sowie
- 17 xvii) Gemische dieser Blockierungsmittel, insbesondere Dimethylpyrazol und Succinimid.

Beispiele geeigneter, mit aktinischer Strahlung aktivierbarer, reaktiver funktioneller Gruppen (G1c) sind Gruppen, die mindestens eine, insbesondere eine, mit aktinischer Strahlung aktivierbare Bindung enthalten. Beispiele geeigneter mit aktinischer Strahlung aktivierbare Bindungen sind Kohlenstoff-Wasserstoff-Einzelbindungen oder Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Kohlenstoff-Sauerstoff-, Kohlenstoff-Stickstoff-, Kohlenstoff-

Phosphor- oder Kohlenstoff-Silizium-Einzelbindungen oder -Doppelbindungen und Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindungen. Von diesen werden die Doppelbindungen, insbesondere die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen (nachstehend "Doppelbindungen" genannt, bevorzugt angewandt.

5

Gut geeignete Doppelbindungen liegen beispielsweise in (Meth)Acrylat-, Ethacrylat-, Crotonat-, Cinnamat-, Vinylether-, Vinylester-, Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylgruppen; Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylethergruppen oder

10 Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylestergruppen vor. Von diesen sind (Meth)Acrylatgruppen, insbesondere Acrylatgruppen, von besonderem Vorteil und werden deshalb ganz besonders bevorzugt verwendet.

15 Bei der zweiten Klasse handelt es sich um modifizierende Gruppen (G2), die über mindestens eine, insbesondere eine, verküpfende funktionelle Gruppe (G2a) kovalent an die Oberfläche der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) gebunden sind. Vorzugsweise sind die Gruppen (G2a) unter den Bedingungen der Anwendung der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) inert. Bevorzugt enthalten die verküpfenden 20 funktionellen Gruppen (G2a) mindestens ein, insbesondere ein, Siliziumatom. Besonders bevorzugt handelt es sich bei den verküpfenden funktionellen Gruppe (G2a) um Silangruppen.

25 Außerdem enthalten die modifizierenden Gruppen (G2) mindestens eine, vorzugsweise mindestens zwei und insbesondere mindestens drei über die Gruppe (G2a) mit der Oberfläche verknüpfte inerte Gruppe(n) (G2e). Die Gruppe (G2e) ist wie die Gruppe (G1a) oder die nachstehend beschriebene Gruppe (G3d) unter den Bedingungen der Herstellung und der Verwendung der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) inert. Vorzugsweise sind die Gruppen (G2e) einbindige organische Reste R<sup>2</sup>. Bevorzugt 30 werden sie aus der Gruppe, bestehend aus aliphatischen, cycloaliphatischen, aromatischen, aliphatisch-cycloaliphatischen, aliphatisch-aromatischen, cycloaliphatisch-aromatischen oder aliphatisch-cycloaliphatisch-aromatischen Resten, ausgewählt. Sie können die vorstehend beschriebenen mindestens zweibindigen funktionellen Gruppen und/oder Substituenten enthalten.

Wesentlich ist, dass die Gruppen (G2) ein kleineres hydrodynamisches Volumen  $V_H$  als die modifizierenden Gruppen (G1) haben. Das hydrodynamische Volumen  $V_H$  ist mit Hilfe der Photonenkorrelationsspektroskopie bestimmbar oder über die Beziehung

5

$$V_H = (r_{\text{cont}}/2)^3,$$

worin  $r_{\text{cont}}$  die effektive Konturlänge eines Moleküls bedeutet, abschätzbar. Ergänzend wird auf das Lehrbuch von H.-G. Elias, »Makromoleküle«, Hüthig & Wepf Verlag, Basel, Band 1, »Grundlagen«, Seite 51, verwiesen.

10

Bei der fakultativen, dritten Klasse handelt es sich um modifizierende Gruppen (G3), die über mindestens eine verknüpfende funktionelle Gruppe (G3a) kovalent an die Oberfläche der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) gebunden sind.

15

Vorzugsweise werden Gruppen (G3a) verwendet, die unter den Bedingungen der Anwendung der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) inert sind. Bevorzugt werden die Gruppen (G3a) aus der Gruppe, bestehend aus Ether-, Thioether-, Carbonsäureester-, Thiocarbonsäureester-, Carbonat-, Thiocarbonat-, Phosphorsäureester-, Thiophosphorsäureester-, Phosphonsäureester-, 20 Thiophosphonsäureester-, Phosphit-, Thiophosphit-, Sulfonsäureester-, Amid-, Amin-, Thioamid-, Phosphorsäureamid-, Thiophosphorsäureamid-, Phosphonsäureamid-, Thiophosphonsäureamid-, Sulfonsäureamid-, Imid-, Hydrazid-, Urethan-, Harnstoff-, Thioharnstoff-, Carbonyl-, Thiocarbonyl-, Sulfon- oder Sulfoxidgruppen, ausgewählt. Besonders bevorzugt sind Ethergruppen.

25

Außerdem enthalten die modifizierenden Gruppen (G3a) mindestens eine, insbesondere eine, über die Gruppe (G3a) mit der Oberfläche verknüpfte inerte Gruppe (G3d). Die Gruppe (G3d) ist wie die Gruppe (G1b) unter den Bedingungen der Herstellung und der Verwendung der erfindungsgemäßen Nanopartikel inert.

30

Vorzugsweise sind die Gruppen (G3d) einbindige organische Reste  $R^2$ . Bevorzugt werden sie aus der Gruppe, bestehend aus aliphatischen, cycloaliphatischen, aromatischen, aliphatisch-cycloaliphatischen, aliphatisch-aromatischen, cycloaliphatisch-aromatischen oder aliphatisch-cycloaliphatisch-aromatischen Resten, ausgewählt. Sie können die vorstehend beschriebenen mindestens zweibindigen 35 funktionellen Gruppen und/oder Substituenten enthalten.

Wesentlich ist, dass die inerten Gruppen (G3d) ein kleineres hydrodynamisches Volumen  $V_H$  als die abstandshaltenden, inerten Gruppen (G1b) haben.

Das Gewichtsverhältnis der modifizierenden Gruppen (G1) : (G2) kann sehr breit 5 variieren und richtet sich nach den Erfordernissen des Einzelfalls. Vorzugsweise liegt das Gewichtsverhältnis bei 200 : 1 bis 1 : 10, bevorzugt 100 : 1 bis 1 : 5 und insbesondere 50 : 1 bis 1 : 1.

Die oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) können nach den üblichen und 10 bekannten Methoden der organischen und der siliziumorganischen Chemie hergestellt werden, indem beispielsweise geeignete Silane mit hydrolysierbaren Gruppen gemeinsam hydrolysiert und kondensiert werden oder zu modifizierende Nanopartikel mit geeigneten organischen Verbindungen und Silanen mit hydrolysierbaren Gruppen umgesetzt werden.

15 Vorzugsweise werden die oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) durch die Umsetzung der reaktiven funktionellen Gruppen der Oberfläche von zu modifizierenden Nanopartikeln (N') mit den nachstehend beschriebenen Modifizierungsmitteln (M1) und (M2) sowie gegebenenfalls (M3) hergestellt. Beispiele geeigneter reaktiver funktioneller 20 Gruppen sind Säuregruppen, wie Carboxylgruppen, Sulfonsäuregruppen oder Phosphorsäuregruppen, oder Hydroxylgruppen, insbesondere Hydroxylgruppen.

25 Die zu modifizierenden Nanopartikel (N') werden mit mindestens einem Modifizierungsmittel (M1) umgesetzt.

Das Modifizierungsmittel (M1) enthält mindestens eine reaktive funktionelle Gruppe und vorzugsweise mindestens zwei, insbesondere mindestens drei, reaktive funktionelle Gruppen (M1a), die gegenüber den reaktiven funktionellen Gruppen der zu modifizierenden Oberfläche reaktiv sind. Vorzugsweise enthält die reaktive funktionelle 30 Gruppe (M1a) mindestens ein, insbesondere ein, Siliziumatom. Reaktive funktionelle Gruppen (M1a) sind üblich und bekannt und können vom Fachmann anhand der komplementären reaktiven funktionellen Gruppen auf der zu modifizierenden Oberfläche ausgewählt werden

35 Das Modifizierungsmittel (M1) enthält desweiteren mindestens eine, vorzugsweise eine, der vorstehend beschriebenen, abstandshaltenden, inerten Gruppen (G1b). Diese sind mit den reaktiven funktionellen Gruppen (G1a) kovalent verknüpft.

Außerdem enthält das Modifizierungsmittel (M1) mindestens eine, insbesondere eine, der vorstehend beschriebenen, über die Gruppe (G1b) mit der Gruppe (M1a) verbundenen, reaktiven funktionellen Gruppen (G1c), die gegenüber den reaktiven funktionellen Gruppen der zu modifizierenden Oberfläche inert sind.

Außerdem werden die zu modifizierenden Nanopartikel noch mit mindestens einem Modifizierungsmittel (M2) mit einem kleineren hydrodynamischen Volumen  $V_H$  als das Modifizierungsmittel (M1) umgesetzt.

10 Das Modifizierungsmittel (M2) enthält mindestens eine reaktive funktionelle Gruppe (M2a), die mindestens ein, insbesondere ein, Siliziumatom enthält und gegenüber den reaktiven funktionellen Gruppen der zu modifizierenden Oberfläche reaktiv ist.

15 Außerdem enthält das Modifizierungsmittel (M2) mindestens eine der vorstehend beschriebenen inerten Gruppe (G2e) und vorzugsweise mindestens zwei, insbesondere drei Gruppen (G2e), die vorzugsweise direkt mit der reaktiven funktionellen Gruppe (M2a) verknüpft ist oder sind.

20 Des Weiteren können die zu modifizierenden Nanopartikel (N') mit mindestens einem Modifizierungsmittel (M3) umgesetzt werden.

Das Modifizierungsmittel (M3) enthält mindestens eine, insbesondere eine, reaktive funktionelle Gruppe (M3a), die gegenüber den reaktiven funktionellen Gruppen der zu modifizierenden Oberfläche reaktiv sind. An und für sich kann es sich bei den reaktiven funktionellen Gruppen (M3a) um die vorstehend beschriebenen reaktiven funktionellen Gruppen (M1a) handeln. Vorzugsweise werden aber die reaktiven funktionellen Gruppen (M3a) aus der Gruppe, bestehend aus den Vorstufen der verküpfenden funktionellen Gruppen (G3a), vorzugsweise aus Ether-, Thioether-, Carbonsäureester-, Thiocarbonsäureester-, Carbonat-, Thiocarbonat-, Phosphorsäureester-, Thiophosphorsäureester-, Phosphonsäureester-, Thiophosphonsäureester-, Phosphit-, Thiophosphit-, Sulfonsäureester-, Amid-, Amin-, Thioamid-, Phosphorsäureamid-, Thiophosphorsäureamid-, Phosphonsäureamid-, Thiophosphonsäureamid-, Sulfonsäureamid-, Imid-, Hydrazid-, Urethan-, Harnstoff-, Thioharnstoff-, Carbonyl-, 35 Thiocarbonyl-, Sulfon- oder Sulfoxidgruppen (G3a), insbesondere von Ethergruppen (G3a), ausgewählt. Die reaktiven funktionellen Gruppen (M3a) sind übliche und

bekannte reaktive funktionelle Gruppen der organischen Chemie und können daher vom Fachmann leicht aufgrund seines Fachwissens ausgewählt werden.

Das Modifizierungsmittel (M3) enthält außerdem mindestens eine, insbesondere eine, 5 der vorstehend beschriebenen inerten Gruppen (G3d) mit einem kleineren hydrodynamischen Volumen  $V_H$  als das der vorstehend beschriebenen abstandhaltenden, inerten Gruppe (G1b). Vorzugsweise ist die Gruppe (G3d) mit der reaktiven funktionellen Gruppe (M3a) direkt verknüpft.

10 Bevorzugt werden die Modifizierungsmittel (M1) aus der Gruppe, bestehend aus Silanen der allgemeinen Formel II:



15

worin die Indizes und die Variablen die folgende Bedeutung haben:

m und n      ganze Zahlen von 1 bis 6, vorzugsweise 1 bis 5 und insbesondere 1 bis 20 3;

o      0, 1 oder 2, insbesondere 0;

G1c      thermisch und/oder mit aktinischer Strahlung aktivierbare Gruppe, wie vorstehend definiert;

R      mindestens zweibindiger organischer Rest, wie vorstehend definiert;

$R^2$       einbindiger organischer Rest, wie vorstehend definiert, und

30  $R^3$       hydrolysierbares Atom oder hydrolysierbare Gruppe; ausgewählt.

Vorzugsweise wird das hydrolysierbare Atom  $R^3$  aus der Gruppe, bestehend aus 35 Wasserstoffatomen, Fluoratomen, Chloratomen und Bromatomen und die hydrolysierbare Gruppe  $R^3$  aus der Gruppe, bestehend aus Hydroxylgruppen und einbindigen organischen Resten  $R^4$  ausgewählt.

Vorzugsweise wird der einbindige organische Rest  $R^4$  aus der Gruppe, bestehend aus Gruppen der allgemeinen Formel III:

5 -Y-R<sup>2</sup> (III),

worin die Variable Y für ein Sauerstoffatom oder eine Carbonylgruppe, Carbonyloxygruppe, Oxycarbonylgruppe, Aminogruppe -NH- oder sekundäre Aminogruppe -NR<sup>2</sup>-, insbesondere ein Sauerstoffatom, steht und die Variable R<sup>2</sup> die vorstehend angegebene Bedeutung hat; ausgewählt.

Bevorzugt wird der hydrolysierbare, einbindige organische Rest R<sup>4</sup> aus der Gruppe, bestehend aus unsubstituierten Alkoxyresten mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen im Alkylrest, ausgewählt.

15

Die Silane (M1) sind an sich bekannte Verbindungen und können nach den üblichen und bekannten Verfahren der siliziumorganischen Chemie hergestellt werden. Vorzugsweise sind die Silane (M1) erhältlich durch

20 (1) die Umsetzung von Polyisocyanaten mit Blockierungsmitteln, wie die vorstehend beschriebenen, und mit Silanen der allgemeinen Formel IV:

$$[(R^2)_o(R^3)_{3-o}Si]_m RZ \quad (IV),$$

25 worin die Variable Z für eine isocyanatreaktive funktionelle Gruppe, vorzugsweise eine Hydroxylgruppe, eine Thiolgruppe oder eine primäre oder sekundäre Aminogruppe, insbesondere eine Hydroxylgruppe, steht und die Variablen R, R<sup>2</sup> und R<sup>3</sup> die vorstehend angegebene Bedeutung haben; oder

30 (2) die Umsetzung von Verbindungen der allgemeinen Formel V:

(G1c)<sub>n</sub>R-Z (V),

35 worin der Index n und die Variablen G1c, R und Z die vorstehend angegebene Bedeutung haben; mit Silanen der allgemeinen Formel VI:

$$[(R^2)_o(R^3)_{3-o}Si]_m R-NCO \quad (VI),$$

worin der Index m und die Variablen R, R<sup>2</sup> und R<sup>3</sup> die vorstehend angegebene Bedeutung haben

5 Beispiele geeigneter Silane der allgemeinen Formel IV sind beispielsweise aus dem amerikanischen Patent US 5,998,504 A1, Spalte 3, Zeile 37, bis Spalte 4, Zeile 29 oder der europäischen Patentanmeldung EP 1 193 278 A1, Seite 3, Zeile 27 bis 43, bekannt.

10 Beispiele geeigneter Polyisocyanate sind

15 Diisocyanate wie Isophorondiisocyanat (= 5-Isocyanato-1-isocyanatomethyl-1,3,3-trimethyl-cyclohexan), 5-Isocyanato-1-(2-isocyanatoeth-1-yl)-1,3,3-trimethyl-cyclohexan, 5-Isocyanato-1-(3-isocyanatoprop-1-yl)-1,3,3-trimethyl-cyclohexan, 5-Isocyanato-(4-isocyanatobut-1-yl)-1,3,3-trimethyl-cyclohexan, 1-Isocyanato-2-(3-isocyanatoprop-1-yl)-cyclohexan, 1-Isocyanato-2-(3-isocyanatoeth-1-yl)cyclohexan, 1-Isocyanato-2-(4-isocyanatobut-1-yl)-cyclohexan, 1,2-Diisocyanatocyclobutan, 1,3-Diisocyanatocyclobutan, 1,2-Diisocyanatocyclopentan, 1,3-Diisocyanatocyclopentan, 1,2-Diisocyanatocyclohexan, 1,3-Diisocyanatocyclohexan, 1,4-Diisocyanatocyclohexan, Dicyclohexylmethan-2,4'-diisocyanat, Trimethylendiisocyanat, Tetramethylendiisocyanat, Pentamethylendiisocyanat, Hexamethylendiisocyanat (HDI), Ethylethylene-diisocyanat, Trimethylhexandiisocyanat, Heptamethylendiisocyanat oder Diisocyanate, abgeleitet von Dimerfettsäuren, wie sie unter der Handelsbezeichnung DDI 1410 von der Firma Henkel vertrieben und in den Patentschriften WO 97/49745 und WO 97/49747 beschrieben werden, insbesondere 2-Heptyl-3,4-bis(9-isocyanatononyl)-1-pentyl-cyclohexan oder 1,2-, 1,4- oder 1,3-Bis(isocyanatomethyl)cyclohexan, 1,2-, 1,4- oder 1,3-Bis(2-isocyanatoeth-1-yl)cyclohexan, 1,3-Bis(3-isocyanatoprop-1-yl)cyclohexan, 1,2-, 1,4- oder 1,3-Bis(4-isocyanatobut-1-yl)cyclohexan oder flüssiges Bis(4-isocyanatocyclohexyl)methan eines trans/trans-Gehalts von bis zum 30 Gew.-%, vorzugsweise 25 Gew.-% und insbesondere 20 Gew.-%, wie es in den Patentanmeldungen DE 44 14 032 A1, GB 1 220 717 A1, DE 16 18 795 A1 oder DE 17 93 785 A1 beschrieben wird, bevorzugt Isophorondiisocyanat, 5-Isocyanato-1-(2-isocyanatoeth-1-yl)-1,3,3-trimethyl-cyclohexan, 5-Isocyanato-1-(3-isocyanatoprop-1-yl)-1,3,3-trimethyl-cyclohexan, 5-Isocyanato-(4-

isocyanatobut-1-yl)-1,3,3-trimethyl-cyclohexan, 1-Isocyanato-2-(3-isocyanatoprop-1-yl)-cyclohexan, 1-Isocyanato-2-(3-isocyanatoethyl)cyclohexan, 1-Isocyanato-2-(4-isocyanatobut-1-yl)-cyclohexan oder HDI, insbesondere HDI; oder

5

- Isocyanurat-, Biuret-, Allophanat-, Iminooxadiazindion-, Urethan-, Harnstoff-Carboimid und/oder Uretdiongruppen aufweisende Polyisocyanate, die in üblicher und bekannter Weise aus den vorstehend beschriebenen Diisocyanaten hergestellt werden; Beispiele geeigneter Herstellungsverfahren und Polyisocyanate sind beispielsweise aus den Patentschriften CA 2,163,591 A, US 4,419, 513 A, US 4,454,317 A, EP 0 646 608 A, US 4,801,675 A, EP 0 183 976 A1, DE 40 15 155 A1, EP 0 303 150 A1, EP 0 496 208 A1, EP 0 524 500 A1, EP 0 566 037 A1, US 5,258,482 A, US 5,290,902 A, EP 0 649 806 A1, DE 42 29 183 A1 oder EP 0 531 820 A1 bekannt.

15

Weitere Beispiele geeigneter Polyisocyanate sind aus dem amerikanischen Patent US 5,998,504 A, Spalte 5, Zeile 21, bis Spalte 6, Zeile 2, bekannt.

Besonders bevorzugt werden Isocyanurate auf der Basis von Isophorondiisocyanat zur 20 Herstellung die Silane (M1) verwendet.

Beispiele geeigneter Verbindungen der allgemeinen Formel V sind Glycidol und übliche und bekannte, hydroxylgruppenhaltige, olefinisch ungesättigte Monomere, wie

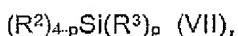
25 - Hydroxyalkylester von alpha,beta-olefinisch ungesättigten Carbonsäuren, wie Hydroxyalkylester der Acrylsäure, Methacrylsäure und Ethacrylsäure, in denen die Hydroxyalkylgruppe bis zu 20 Kohlenstoffatome enthält, wie 2-Hydroxyethyl-, 2-Hydroxypropyl-, 3-Hydroxypropyl-, 3-Hydroxybutyl-, 4-Hydroxybutylacrylat, -methacrylat oder -ethacrylat; 1,4-Bis(hydroxymethyl)cyclohexan-, Octahydro-4,7-methano-1H-indendimethanol- oder Methylpropandiolmonoacrylat, -monoethacrylat, -monoethacrylat oder -monocrotonat; oder Umsetzungsprodukte aus cyclischen Estern, wie zum Beispiel epsilon-Caprolacton und diesen Hydroxyalkylestern;

35 - olefinisch ungesättigte Alkohole wie Allylalkohol;

- Allylether von Polyolen wie Trimethylolpropanmonoallylether oder Pentaerythritmono-, di- oder -triallylether;
- Umsetzungsprodukte von alpha,beta-olefinisch ungesättigten Carbonsäuren mit Glycidylestern einer in alpha-Stellung verzweigten Monocarbonsäure mit 5 bis 18 Kohlenstoffatomen im Molekül. Bevorzugt wird als das Umsetzungsprodukt von Acryl- und/oder Methacrylsäure mit dem Glycidylester der Versatic®-Säure eingesetzt. Dieser Glycidylester ist unter dem Namen Cardura® E10 im Handel erhältlich. Ergänzend wird auf Römpf Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, Seiten 605 und 606, verwiesen;
- Formaldehydaddukte von Aminoalkylestern von alpha,beta-olefinisch ungesättigten Carbonsäuren und von alpha,beta-ungesättigten Carbonsäureamiden, wie N-Methylolaminoethylacrylat, -aminoethylmethacrylat, -acrylamid und -methacrylamid; sowie
- Acryloxsilangruppen und Hydroxylgruppen enthaltende olefinisch ungesättigte Monomere, herstellbar durch Umsetzung hydroxyfunktioneller Silane mit Epichlorhydrin und anschließender Umsetzung des Zwischenprodukts mit einer alpha,beta-olefinisch ungesättigten Carbonsäure, insbesondere Acrylsäure und Methacrylsäure, oder ihren Hydroxyalkylestern.

Beispiele geeigneter Silane der allgemeinen Formel VI sind beispielsweise aus der deutschen Patentanmeldung DE 199 10 876 A 1 bekannt.

Bevorzugt wird das Modifizierungsmittel (M2) aus der Gruppe, bestehend aus Silanen der allgemeinen Formel VII:



worin der Index p = 1, 2 oder 3, insbesondere 1, und die Variablen R<sup>2</sup> und R<sup>3</sup> die vorstehend angegebene Bedeutung haben, ausgewählt

Beispiele geeigneter Silane (M2) werden in dem amerikanischen Patent US 5,998,504 A, Spalte 4, Zeile 30, bis Spalte 5, Zeile 20, beschrieben. Besonders bevorzugt wird Trimethylethoxysilan verwendet.

Bevorzugt wird das Modifizierungsmittel (M3) aus der Gruppe, bestehend aus hydroxylgruppenhaltigen Verbindungen allgemeinen Formel VIII:



5

worin die Variable  $R^2$  die vorstehend angegebene Bedeutung hat, ausgewählt. Besonders bevorzugt werden aliphatische, insbesondere primäre, Alkohole, wie sie beispielsweise, in dem amerikanischen Patent US 4,652,470 A 1, Spalte 9, Zeile 59, bis Spalte 10, Zeile 5, beschrieben werden, verwendet. Ganz besonders bevorzugt wird n-Hexanol verwendet.

10

Als zu modifizierende Nanopartikel (N') können alle üblichen und bekannten Nanopartikel ausgewählt werden. Vorzugsweise werden sie aus der Gruppe, bestehend aus Metallen, Verbindungen von Metallen und organischen Verbindungen, 15 ausgewählt.

15

Vorzugsweise werden die Metalle aus der dritten bis fünften Hauptgruppe, der dritten bis sechsten sowie der ersten und zweiten Nebengruppe des Periodensystems der Elemente sowie den Lanthaniden, und bevorzugt aus der Gruppe, bestehend aus Bor, 20 Aluminium, Gallium, Silizium, Germanium, Zinn, Arsen, Antimon, Silber, Zink, Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Nlob, Tantal, Molybdän, Wolfram und Cer, ausgewählt. Insbesondere werden Aluminium und Silizium verwendet.

20

Vorzugsweise handelt es sich bei den Verbindungen der Metalle um Oxide, 25 Oxidhydrate, Sulfate, Hydroxide oder Phosphate, insbesondere Oxide, Oxidhydrate und Hydroxide.

Beispiele geeigneter organischer Verbindungen sind Lignine und Stärken.

30

Vorzugsweise weisen die zu modifizierenden Nanopartikel (N') eine Primärpartikelgröße <50, bevorzugt 5 bis 50, insbesondere 10 bis 30 nm auf.

35

Bevorzugt sind die oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) herstellbar, indem man die zu modifizierenden Nanopartikel (N') in einer ersten Verfahrensstufe mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M1) und in einer zweiten Verfahrensstufe mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M2) umsetzt

Darüber hinaus sind die oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) noch herstellbar, indem man die zu modifizierenden Nanopartikel (N') in der ersten Verfahrensstufe mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M1) sowie

5

- in der zweiten Verfahrensstufe mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M3) und in der dritten Verfahrensstufe mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M2) oder
- in der zweiten Verfahrensstufe mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M2) und in der dritten Verfahrensstufen mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M3) oder
- in der zweiten Verfahrensstufe mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M2) und mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M3)

10

umgesetzt.

15

Vorzugsweise werden die Modifizierungsmittel (M1) und (M2) sowie gegebenenfalls (M3) in einer Menge eingesetzt, die für die nahezu vollständige oder vollständige Bedeckung der Oberfläche der zu modifizierenden Nanopartikel (N') ausreichend ist. Dabei werden die Modifizierungsmittel (M1) und (M2) bevorzugt in einem Gewichtsverhältnis eingesetzt, dass das vorstehend beschriebene Gewichtsverhältnis von modifizierenden Gruppen (G1) : (G2) resultiert.

20

Des Weiteren sind die oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) herstellbar, indem man mindestens ein, insbesondere ein, Modifizierungsmittel (M1) der allgemeinen Formel II und mindestens ein, insbesondere ein, Modifizierungsmittel (M2) der allgemeinen Formel VII gemäß dem Sol-Gel-Prozess miteinander hydrolysiert und kondensiert, wonach man die resultierenden oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) noch mit mindestens einem, insbesondere einem, Modifizierungsmittel (M3) umsetzen kann (vgl. Römpf Online, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2002, »Sol-Gel-Prozess«).

25

Bevorzugt werden bei der Umsetzung der Silane (M1) und (M2) mit den zu modifizierenden Nanopartikeln (N') oder zu den oberflächenmodifizierten Nanopartikeln (N) übliche und bekannte Katalysatoren für die Hydrolyse, wie organische und anorganische Säuren, verwendet.

Bevorzugt wird die Herstellung der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) in niedrigsiedenden, protischen, organischen Lösemitteln, wie niedrigsiedenden Alkoholen, insbesondere Isopropanol, durchgeführt.

- 5    Der Gehalt der dimensionsstabilen Partikel (P) an oberflächenmodifizierten Nanopartikeln (N) kann sehr breit variieren. Vorzugsweise liegt der Gehalt, jeweils bezogen auf (P), bei 1 bis 40 Gew.-%, bevorzugt 5 bis 35 Gew.-% und insbesondere 10 bis 30 Gew.-%.
- 10    Darüber hinaus können die dimensionsstabilen Partikel (P) mindestens ein, insbesondere ein, polymeres und/oder oligomeres Bindemittel enthalten. Außerdem können sie mindestens einen Zusatzstoff, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus, Vernetzungsmitteln, farb- und/oder effektgebenden Pigmenten, organischen und anorganischen, transparenten oder opaken Füllstoffen, sonstigen von den 15    oberflächenmodifizierten Nanopartikeln (N) verschiedenen Nanopartikeln, Reaktivverdünnern, UV-Absorbern, Lichtschutzmitteln, Radikalfängern, Entlüftungsmitteln, Slipadditiven, Polymerisationsinhibitoren, Photoinitiatoren, Initiatoren der radikalischen oder kationischen Polymerisation, Entschäumern, Emulgatoren, Netz- und Dipergiermitteln, Haftvermittlern, Verlaufmitteln, filmbildenden 20    Hilfsmitteln, rheologiesteuernden Additiven (Verdicker), Flammenschutzmitteln, Sikkativen, Trockungsmitteln, Hautverhinderungsmitteln, Korrosionsinhibitoren, Wachsen und Mattierungsmitteln; in wirksamen Mengen enthalten, wobei die Entschäumer, Emulgatoren, Netz- und Dipergiermittel, rheologiesteuernde Additive (Verdicker) und Hautverhinderungsmittel vorzugsweise überwiegend, insbesondere 25    vollständig, in der nachstehend beschriebenen wässrigen Phase (W) vorliegen. Insbesondere werden die Zusatzstoffe in den dimensionsstabilen Partikeln (P) aus der Gruppe, bestehend aus Vernetzungsmitteln, Reaktivverdünnern, UV-Absorbern, Lichtschutzmitteln, Radikalfängern und Photoinitiatoren, ausgewählt.
- 30    Die stoffliche Zusammensetzung der dimensionsstabilen Partikel (P) kann somit sehr breit variieren und richtet sich nach den Erfordernissen des Einzelfalls. Beispiele geeigneter stofflicher Zusammensetzungen sind aus den deutschen Patentanmeldungen
- 35    -    DE 196 13 547 A 1, Spalte 1, Zeile 50, bis Spalte 3, Zeile 52;
- DE 198 41 842 A 1, Seite 3, Zeile 45, bis Seite 4, Zeile 44;

- DE 199 59 923 A 1, Seite 4, Zeile 37, bis Seite 10, Zeile 34, und Seite 11, Zeilen 10 bis 36;
- 5 - DE 100 27 292 A 1, Seite 6, Abs. [056], bis Seite 12, Abs. [0099]; und
  - DE 100 27 267 A 1, Seite 3, Abs. [0030], bis Seite 13, Abs. [0122];

bekannt.

10

Als kontinuierliche wässrige Phase (W) sind alle wässrigen Phasen geeignet, wie sie üblicherweise für die Herstellung von Pulverslurries verwendet werden. Beispiele geeigneter wässriger Phasen (W) werden in der deutschen Patentanmeldung DE 101 26 649 A 1, Seite 12, Abs. [0099], i. V. m. Seite 12, Abs. [0110], bis Seite 16, Abs. 15 [0146], oder der deutschen Patentanmeldung DE 196 13 547 A 1, Spalte 3, Zeile 66, bis Spalte 4, Zeile 45, beschrieben. Insbesondere enthält die wässrige Phase (W) die in der deutschen Patentanmeldung DE 198 41 842 A 1, Seite 4, Zeile 45, bis Seite 5, Zeile 4, beschriebenen Verdicker, durch die das dort erläuterte strukturviskose Verhalten der erfindungsgemäßen Dispersionen eingestellt werden kann.

20

Methodisch bietet die Herstellung der erfindungsgemäßen Dispersionen keine Besonderheiten, sondern kann mit Hilfe der üblichen und bekannten Verfahren des Standes der Technik erfolgen. Dabei werden die vorstehend beschriebenen, dimensionsstabilen Partikel (P) in der kontinuierlichen wässrigen Phase (W) dispergiert, wobei man die oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) mit dem oder den übrigen Bestandteil(en) der dimensionsstabilen Partikel (P) vermischt und die resultierende Mischung (P) in der wässrigen Phase (W) dispergiert.

30 Beispielsweise können die erfindungsgemäßen Dispersionen hergestellt werden, indem aus den Bestandteilen der dimensionsstabilen Partikel (P) durch Extrusion und Vermahlen zunächst ein Pulverlack (P) hergestellt wird, der in Wasser oder einer wässrigen Phase (W) nass vermahlen wird, wie dies beispielsweise in den deutschen Patentanmeldungen DE 196 13 547 A 1, DE 196 18 657 A 1, DE 198 14 471 A 1 oder DE 199 20 141 A 1 beschrieben wird.

35

Die erfindungsgemäßen Dispersionen können auch mit Hilfe des so genannten Sekundärdispersionsverfahrens hergestellt werden, bei dem die Bestandteile der

Partikel (P) sowie Wasser in einem organischen Lösemittel emulgiert werden, wodurch eine Emulsion vom Typ Öl-in-Wasser resultiert, wonach das organische Lösemittel hieraus entfernt wird, wodurch sich die emulgierten Tröpfchen (P) verfestigen, wie dies beispielsweise in den deutschen Patentanmeldungen DE 198 41 842 A 1, DE 100 01 5 442 A 1, DE 100 55 464 A 1, DE 101 35 997 A 1, DE 101 35 998 A 1 oder DE 101 35 999 A 1 beschrieben wird.

Außerdem können die erfindungsgemäßen Dispersionen mit Hilfe des so genannten Primärdispersionsverfahrens hergestellt werden, bei dem olefinisch ungesättigte 10 Monomere in einer Emulsion polymerisiert werden, wie dies beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 199 59 923 A 1 beschrieben wird. Zusätzlich zu den dort beschriebenen Bestandteilen, enthält die Emulsion erfindungsgemäß die oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N).

15 Des Weiteren können die erfindungsgemäßen Dispersionen mit Hilfe des so genannten Schmelzeemulgierverfahrens hergestellt werden, bei dem eine Schmelze der Bestandteile der Partikel (P) in eine Emulgierzvorrichtung vorzugsweise unter Zusatz von Wasser und Stabilisatoren gegeben wird und die erhaltene Emulsion der Tröpfchen (P) abgekühlt wird, sodass eine Suspension der Partikel (P) resultiert, die 20 filtriert wird, wie dies beispielsweise aus den deutschen Patentanmeldungen DE 100 06 673 A 1, DE 101 26 649 A 1, DE 101 26 651 A 1 oder DE 101 26 652 A 1 bekannt ist.

25 Insbesondere werden die erfindungsgemäßen Dispersionen nach dem Sekundärdispersionsverfahren hergestellt.

Für die Herstellung der erfindungsgemäßen Dispersionen können die 30 oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N), wie sie bei ihrer Herstellung anfallen, eingesetzt werden. Erfindungsgemäß ist es jedoch von Vorteil, zur Herstellung der erfindungsgemäßen Dispersionen das erfindungsgemäße Herstellverfahren einzusetzen.

Bei dem erfindungsgemäßen Herstellverfahren werden die oberflächenmodifizierten 35 Nanopartikel (N) in der Form ihrer Dispersionen (D) in aprotischen, insbesondere aprotisch unpolaren, flüssigen, organischen Medien (O) eingesetzt.

Vorzugsweise bestehen die aprotischen, flüssigen, organischen Medien (O) im Wesentlichen oder vollständig aus aprotischen, insbesondere aprotisch unpolaren, Lösemitteln und/oder Reaktivverdünnern.

- 5 Unter aprotischen Lösemitteln werden organische Lösemittel verstanden, die keine protonenfähigen Wasserstoffatome enthalten, also keine Protonendonatoren darstellen. Ergänzend wird hierzu auf Römpf Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1998, Seite 41, »Aprotische Lösemittel«, oder Römpf Online, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2002, »Aprotische Lösemittel«, verwiesen. Beispiele geeigneter aprotischer Lösemittel sind aus dem Buch von Dieter Stoye und Werner Freitag (Editors), »Paints, Coatings and Solvents«, Second, Completely Revised Edition, Wiley-VCH, Weinheim, New York, 1998, Seiten 327 bis 373, bekannt.
- 10
- 15 Unter Reaktivverdünnern werden reaktive Verdünnungsmittel oder reaktive Lösemittel verstanden, wobei es sich um einen vereinfachten Begriff für die längere Bezeichnung nach DIN 55945: 1996-09 handelt, die Verdünnungsmittel beschreibt, die bei der Filmbildung durch chemische Reaktion Bestandteil des Bindemittels werden. Die chemische Reaktion kann thermisch oder durch aktinische Strahlung initiiert werden.
- 20 Demgemäß kann es sich um Reaktivverdünnner für die thermische Vernetzung, um Reaktivverdünnner für die Vernetzung mit aktinischer Strahlung oder um Reaktivverdünnner für die thermische Vernetzung und die Vernetzung mit aktinischer Strahlung handeln.
- 25 Beispiele geeigneter Reaktivverdünnner für die thermische Vernetzung sind verzweigte, cyclische und/oder acyclische C<sub>9</sub>-C<sub>16</sub>-Alkane, die mit mindestens zwei Hydroxyl- oder Thiolgruppen oder mindestens einer Hydroxyl- und mindestens einer Thiolgruppe funktionalisiert sind, insbesondere Diethyloctandiole.
- 30 Weitere Beispiele für geeignete Reaktivverdünnner für die thermische Vernetzung sind oligomere Polyole, welche aus Oligomeren, die durch Metathesereaktionen von acyclischen Monoolefinen und cyclischen Monoolefinen gewonnen werden, durch Hydroformylierung und anschließender Hydrierung erhältlich sind; Beispiele geeigneter cyclischer Monoolefine sind Cyclobuten, Cyclopenten, Cyclohexen, Cycloocten,
- 35 Cyclohepten, Norbornen oder 7-Oxanorbornen; Beispiele geeigneter acyclischer Monoolefine sind in Kohlenwasserstoffgemischen enthalten, die in der Erdölverarbeitung durch Cracken erhalten werden (C<sub>5</sub>-Schnitt); Beispiele geeigneter oligomerer

Polyole weisen eine Hydroxylzahl (OHZ) von 200 bis 450, ein zahlenmittleres Molekulargewicht  $M_n$  von 400 bis 1000 und ein massenmittleres Molekulargewicht  $M_w$  von 600 bis 1100 auf

5 Beispiele geeigneter Reaktivverdünnner für die Vernetzung mit aktinischer Strahlung werden im Detail in Römpf Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, »Reaktivverdünnner« Seiten 491 und 492, in der deutschen Patentanmeldung DE 199 08 013 A 1, Spalte 6, Zeile 63, bis Spalte 8, Zeile 65, in der deutschen Patentanmeldung DE 199 08 018 A 1, Seite 11, Zeilen 31 bis 33, in der 10 deutschen Patentanmeldung DE 198 18 735 A 1, Spalte 7, Zeilen 1 bis 35, oder dem deutschen Patent DE 197 09 467 C 1, Seite 4, Zeile 36, bis Seite 5, Zeile 56, beschrieben. Vorzugsweise werden Pentaerythrittetraacrylat und/oder aliphatische Urethanacrylate mit sechs Acrylatgruppen im Molekül eingesetzt.

15 Beispiele geeigneter Reaktivverdünnner für die thermische Vernetzung und die Vernetzung mit aktinischer Strahlung werden im Detail in der europäischen Patentanmeldung EP 0 928 800 A 1, Seite 3, Zeilen 17 bis 54, und Seite 4, Zeilen 41 bis 54, oder in der deutschen Patentanmeldung DE 198 18 735 A 1, Spalte 3, Zelle 16, bis Spalte 6, Zeile 33, beschrieben.

20 Besonders bevorzugt haben die aprotischen Lösemittel und/oder Reaktivverdünnner bezüglich der modifizierenden Gruppen (G1) sowie gegebenenfalls (G3) einen Flory-Huggins-Parameter  $\chi > 0,5$  (vgl. hierzu K. Kehr, Mittlere Feldtheorie von Polymerlösungen, Schmelzen und Mischungen; Random Phase Approximation, in 25 Physik der Polymere, 22. IFF-Ferienkurs, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, 1991)

30 Vorzugsweise weisen die Dispersionen (D), bezogen auf ihre Gesamtmenge einen Festkörpergehalt > 30, bevorzugt > 40 und insbesondere > 50 Gew.-% auf, ohne dass es zu einer Sedimentation oder Gelbildung kommt.

Der Transfer der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) in die aprotischen, flüssigen, organischen Medien (O), bevorzugt in die aprotischen, insbesondere in die aprotisch unpolaren, Lösemittel oder Reaktivverdünnner gelingt durch eine Destillation.

35 Die aprotischen Lösemittel und/oder Reaktivverdünnner sind deshalb so auszuwählen, dass sie bei der Destillation nicht mit übergehen. Zur Verfahrensoptimierung können bestimmte Schlepper, die mit den bei der Herstellung der oberflächenmodifizierten

Nanopartikel (N) eingesetzten protischen Lösemitteln niedrigsiedende Azeotropen bilden, eingesetzt werden. Das Verfahren ermöglicht die Herstellung von Dispersionen (D) mit einem Restgehalt an protischen Lösemitteln von weniger als 1 Gew.-% (gemäß GC-Analyse).

5

Die Dispersionen (D) können noch mindestens einen der vorstehend beschriebenen Zusatzstoffe enthalten. Vorzugsweise sind sie frei hiervon.

Die Herstellung der Dispersionen (D) erfordert keine methodischen Besonderheiten, 10 sondern erfolgt nach den üblichen und bekannten Methoden der Herstellung von Dispersionen durch Vermischen der vorstehend beschriebenen Bestandteile in geeigneten Mischaggregaten wie Rührkessel, Dissolver, Inline-Dissolver, Rührwerksmühlen oder Extruder.

15 Bei dem erfindungsgemäßen Herstellverfahren werden die Dispersionen (D) mit den übrigen Bestandteilen der dimensionsstabilen Partikel (P) vermischt. Die resultierenden Mischungen (P) werden in wässrigen Phasen (W) dispergiert, sodass sich die dimensionsstabilen Partikel (P) bilden. Das erfindungsgemäße Herstellverfahren kann mit Hilfe der vorstehend beschriebenen Verfahren zur Herstellung der 20 erfindungsgemäßen Dispersionen durchgeführt werden. Insbesondere wird das Sekundärdispersionsverfahren angewandt.

Die erfindungsgemäßen Dispersionen eignen sich hervorragend als Beschichtungsstoffe, Klebstoffe und Dichtungsmassen. Insbesondere sind sie 25 hervorragend für das Lackieren, Verkleben und Abdichten von Karosserien von Fortbewegungsmitteln jeglicher Art (insbesondere mit Muskelkraft betriebene Fortbewegungsmittel, wie Fahrräder, Kutschen oder Draisinen, Fluggeräte, wie Flugzeuge oder Zeppeline, Schwimmkörper, wie Schiffe oder Bojen, Schienenfahrzeuge und Kraftfahrzeuge, wie Motorräder, Busse, LKW oder PKW) oder 30 von Teilen hiervon; von Bauwerken im Innen- und Außenbereich; von Möbeln, Fenstern und Türen; von industriellen Kleinteilen, von Coils, Containern und Emballagen; von weißer Ware; von Folien; von optischen, elektrotechnischen und mechanischen Bauteilen sowie von Glashohlkörpern und Gegenständen des täglichen Bedarfs geeignet

35

Bevorzugt werden sie als Beschichtungsstoffe, besonders bevorzugt als Pulverslurry-Klarlacke, eingesetzt. Insbesondere eignen sie sich zur Herstellung Klarlackierungen

Im Rahmen von farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen insbesondere nach dem Nass-in-nass-Verfahren, wie dies beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 100 27 292 A 1, Seite 13, Abs. [0109], bis Seite 14, Abs [0118], beschrieben wird.

5

Wie die üblichen und bekannten Pulverslurries können auch die erfindungsgemäßen Dispersionen mit Hilfe üblicher und bekannter Spritzapplikationsverfahren auf die betreffenden Substrate appliziert werden, wie dies beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 100 27 292 A 1, Seite 14, Absätze [0121] bis [0126],

10 beschrieben wird.

Die jeweils angewandten Härtungsverfahren richten sich nach der stofflichen Zusammensetzung der erfindungsgemäßen Dispersionen und können beispielsweise, wie in der deutschen Patentanmeldung DE 100 27 292 A 1, Seite 14, Abs. [0128], bis 15 Seite 15, Abs. [0136], beschrieben, durchgeführt werden.

Bei allen Anwendungen liefern die applizierten erfindungsgemäßen Dispersionen nach ihrer Härtung Beschichtungen, Klebschichten und Dichtungen, die auch bei hohen Schichtdicken keine Oberflächenstörungen, insbesondere keine Kocher, aufweisen, 20 kein Weißanlaufen nach der Belastung mit Feuchtigkeit mehr zeigen und eine hervorragende Härte, Kratzfestigkeit, Haftung und Chemikalienstabilität haben. Darüber hinaus können die Beschichtungen, Klebschichten und Dichtungen völlig problemlos überlackiert werden, was beispielsweise für die Autoreparaturlackierung von besonderer Bedeutung ist.

25

#### Beispiele

##### Herstellbeispiel 1

30 Die Herstellung des Modifizierungsmittels (M1)

80,2 g eines teillockierten und zu ca. 40 % teilsilanisierten Isophorondiisocyanat-Trimeren gemäß Herstellbeispiel 1 der europäischen Patentanmeldung EP 1 193 278 A 1 wurden mit 13,97 g 3,5- Dimethylpyrazol in einem Dreihalskolben mit 35 Rückflußkühler und Thermometer zusammengegeben und auf 50 °C erhitzt, wobei gerührt wurde. Der Umsatz der Reaktion wurde mit Hilfe der IR – Spektroskopie verfolgt. Nach 13 Stunden war die Blockierungsreaktion vollständig abgeschlossen: es

konnten keine freien Isocyanatgruppen mittels IR – Spektroskopie mehr nachgewiesen werden.

#### Herstellbeispiel 2

5

Die Herstellung oberflächenmodifizierter Nanopartikel (N) und ihrer Dispersion (D) in einem aprotischen, organischen Lösemittel und einem Reaktivverdünner für die Vernetzung mit UV-Strahlung

10 31,7 Gewichtsteile des Modifizierungsmittels M 1 gemäß Herstellbeispiel 1 wurden auf 70°C erwärmt und langsam mit 42,5 Gewichtsteilen einer kolloidalen Lösung von SiO<sub>2</sub> in Isopropanol (IPA – ST - S, erhältlich bei der Fa. Nissan Chemical) sowie 2,9 Gewichtsteilen 0,1 N Essigsäure versetzt. Das so erhaltene Gemisch wurde noch 3 Stunden bei 70°C gerührt und anschließend langsam, durch Zutropfen über einen 15 Zeitraum von mindestens 30 Minuten mit 2 Gewichtsteilen Trimethylmethoxysilan versetzt. Darauf wurden 10,3 Gewichtsteile Solvent Naphta und 1,6 Gewichtsteile Hexanol zugegeben, und die erhaltene Lösung wurde weitere 3 Stunden bei 70°C gerührt. Anschließend wurden 29,8 Gewichtsteile eines handelsüblichen, aliphatischen Urethanacrylats mit sechs Acrylatgruppen im Molekül (Ebecryl ® 1290 der Firma UCB) 20 begeben.

Um niedrig siedende Bestandteile abzutrennen, wurde das abgekühlte Reaktionsgemisch am Rotationsverdampfer bei einer Badtemperatur von nicht mehr als 65°C im Vakuum von den niedrig siedenden Bestandteilen getrennt.

25

Die resultierende Dispersion der oberflächenmodifizierten Nanopartikel (N) in dem Reaktivverdünner wurde noch in Methylmethyleketon versetzt, sodass eine Dispersion (D) eines Festkörpergehalts von 80 Gew.-% resultierte. Der Gehalt an Ebecryl ® 1230 lag bei 29,8 Gew.-%. Der Gehalt an blockierten Isocyanatgruppen betrug 1,9 Gew.-%. Die 30 Dispersion (D) wies einen Glührückstand von 14,6 Gew.-% auf und war bei Raumtemperatur über einen Zeitraum von mindestens 3 Monaten stabil, ohne dass ein Viskositätsanstieg zu beobachten war.

#### Herstellbeispiel 3

35

Die Herstellung eines blockierten Polyisocyanats

In einem geeigneten Laborreaktor, ausgerüstet mit Rührer, Rückflusskühler, Thermometer und Stickstoffeinleitungsrohr, wurden 1.068 Gewichtsteile eines handelsüblichen Polyisocyanats (Isocyanurat auf der Basis von Hexamethylendiisocyanat, Desmodur ® N 3300 der Firma Bayer AG) und 380 Gewichtsteile Methylethylketon vorgelegt und langsam auf 40 °C erhitzt. Anschließend wurden insgesamt 532 Gewichtsteile 2,5-Dimethylpyrazol portionsweise derart hinzu gegeben, dass die Temperatur der Reaktionsmischung nicht höher als 80 °C stieg. Die Reaktionsmischung wurde solange 80 °C gehalten, bis kein freies Isocyanat mehr nachweisbar war, und anschließend abgekühlt. Die resultierende Lösung des blockierten Polyisocyanats wies einen Festkörpergehalt von 79,3 Gew.-% auf.

#### Beispiel 1

Die Herstellung einer strukturviskosen, wässrigen Dispersion von dimensionsstabilen Partikeln (P)

In einem geeigneten Rührgefäß aus Glas, ausgerüstet mit einem Schnellrührer, wurden 194,17 Gewichtsteile der Methylethylketon-Lösung eines Methacrylatcopolymerisats (A), wie es üblicherweise als Bindemittel in Beschichtungsstoffen eingesetzt wird (Festkörpergehalt: 57,6 Gew.-% in Methylethylketon; Säurezahl: 29 mg KOH/g Festharz; Hydroxylzahl: 150 mg KOH/g Festharz; OH-Äquivalentgewicht: 374 g/Mol), 81,87 Gewichtsteile der Lösung des blockierten Polyisocyanats des Herstellbeispiels 3, 83,89 Gewichtsteile der Dispersion (D) des Herstellbeispiels 2 und 2,07 Gewichtsteile Dimethylethanolamin eingewogen und intensiv miteinander vermischt. Zu der resultierenden Mischung wurden 1 Gewichtsteil einer Photoinitiatormischung, bestehend aus Irgacure ® 184 (handelsüblicher Photoinitiator der Firma Ciba Specialty Chemicals) und Lucirin ® TPO (handelsüblicher Photoinitiator der Firma BASF AG) im Gewichtsverhältnis von 5 : 1, 2,32 Gewichtsteile eines handelsüblichen UV-Absorbers (Tinuvin ® 400) und 2,32 Gewichtsteile eines handelsüblichen reversiblen Radikalfängers (HALS; Tinuvin ® 123) hinzu gegeben und ebenfalls gut eingemischt. Es resultierte die Mischung (P)

Zu der Mischung (P) wurde deionisiertes Wasser in einer Menge, entsprechend einem gewünschten Festkörpergehalt der strukturviskosen, wässrigen Dispersion von 36 bis 37 Gew.-%, langsam unter Rühren zugegeben (etwa 422 Gewichtsteile). Nach der vollständigen Zugabe des Wassers wurde die resultierende Dispersion über 1 µm

Cuno ®-Druckfilter filtriert. Das Methylethylketon wurde anschließend im Vakuum bei maximal 35 °C abdestilliert.

Die Dispersion wurde durch Zugabe von 0,33 Gewichtsteilen eines handelsüblichen 5 Verlaufmittels (Baysilone ® Al 3468 der Firma Bayer AG) sowie 19,67 Gewichtsteilen eines handelsüblichen Verdickers (Acrysol ® RM-8W der Firma Rohm & Haas) komplettiert. Abschließend wurden sie über 1 µm Cuno ®-Druckfilter filtriert.

Die strukturviskose, wässrige Dispersion wies einen Festkörpergehalt von 36,2 Gew.- 10 % auf und war lagerstabil und leicht zu applizieren.

#### Beispiel 2

Die Herstellung einer fargebenden Mehrschichtlackierung mit Hilfe der 15 strukturviskosen, wässrigen Dispersion des Beispiel 1

Die strukturviskose, wässrige Dispersion des Beispiel 1 wurde pneumatisch mit einer Fließbecherpistole auf Stahlbleche appliziert, die - in der angegebenen Reihenfolge 20 übereinander liegend - mit einer Elektrotauchlackierung, einer Füllerlackierung und einem schwarzen Wasserbasislack vorlackiert waren. Die Nassschichtdicke der applizierten Schichten wurde so gewählt, dass die gehärteten Klarlackierungen eine Trockenschichtdicke von 40 µm aufwiesen. Die applizierten Schichten wurden während 10 Minuten bei Raumtemperatur abgelüftet, während 5 Minuten bei 60 °C getrocknet und während 30 Minuten bei 150 °C thermisch gehärtet. Für die thermische Härtung 25 wurden Umluftöfen der Firma Heraeus verwendet.

Die Tabelle gibt einen Überblick über die durchgeführten üblichen und bekannten Tests und die dabei erhaltenen Ergebnisse. Sie untermauern, dass die neuen Klarlackierungen des Beispiels 2 eine besonders hohe Oberflächenhärte und eine 30 besonders hohe Kratzfestigkeit aufwiesen. Dabei waren sie klar und hochglänzend, frei von Oberflächenstörungen, wie Krater, Stippen und Mikrobläschen, chemikalienbeständig und von hoher Haftfestigkeit. Nicht zuletzt waren sie sehr gut polierbar.

35 Tabelle: Anwendungstechnische Eigenschaften der Klarlackierungen des Beispiels 2

	Test	Ergebnisse
	Verlauf (visuell)	in Ordnung
5	Krater (visuell)	keine
	Kocher (visuell)	keine
	Glanz 20 °(Einheiten)	85
	Haze (Einheiten)	9
10	MB-Kratzprobe (Kennwert)	2
	<u>Sandtest:</u>	
	<u>Glanz 20 ° ( Einheiten):</u>	
15	unbelastet	85
	nach Belastung	63
	<u>Reflow:</u>	
	nach 2 Stunden bei Raumtemperatur	63
	nach 2 Stunden bei 40 °C	65
20	nach 2 Stunden bei 60 °C	71
	<u>Rotahub-Test:</u>	
	<u>Glanz 20 ° ( Einheiten):</u>	
	unbelastet	85
25	nach Belastung	77
	Restglanz (%)	90,5
	<u>Mikroindringhärte:</u>	
	Universalhärte bei 25,6 mN	
30	[N/mm <sup>2</sup> ]	125
	Standardabweichung	0,77
	mittlere Eintrittstiefe (µm)	2,29
	relative elastische Tiefenrückfederung	43
	Kriechverhalten bei 25,6 mN	15,88
35	Kriechverhalten bei 0,4 mN	20,27

(Schädigung ab °C):

Schwefelsäure	45
Wasser	> 70
Pankreatin	40
5 Baumharz	45

Steinschlagbeständigkeit:

## Kugelschuss:

Abplatzung (mm <sup>2</sup> )/Rostgrad	4/1
10 Steinschlag VDA DB, 2 bar: Abplatzung (mm <sup>2</sup> )/Rostgrad	1,5/0,5

Haftung:

Klebebandabriß (Kennwert)	0
15 Gitterschnitt (2 mm) (Kennwert)	GT0